

ESTADO DEL ARTE DE LA QUINUA EN EL MUNDO EN 2013



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Secretaría del Año Internacional de la Quinua: Salomón Salcedo (FAO)
Coordinación General del Año Internacional de la Quinua: Tania Santivañez (FAO)
Coordinación científica y técnica: Didier Bazile (CIRAD)
Edición científica: Didier Bazile, Daniel Bertero y Carlos Nieto
Revisión de textos y estilo: Raúl Miranda
Diseño: Marcia Miranda
Colaboradores: Sara Granados y Gonzalo Tejada

Para citar el libro completo:

BAZILE D. et al. (Editores), 2014. "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas

Para citar solo un capítulo:

AUTORES, (2014). Título del capítulo. Capítulo Numero XX. IN: BAZILE D. et al. (Editores), "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. XX-YY

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.
ISBN 978-92-5-308558-3 (PDF)

© FAO, 2014

La FAO fomenta el uso, la reproducción y la difusión del material contenido en este producto informativo. Salvo que se indique lo contrario, se podrá copiar, descargar e imprimir el material con fines de estudio privado, investigación y docencia, o para su uso en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca de forma adecuada a la FAO como la fuente y titular de los derechos de autor y que ello no implique en modo alguno que la FAO apruebe los puntos de vista, productos o servicios de los usuarios. Todas las solicitudes relativas a la traducción y los derechos de adaptación así como a la reventa y otros derechos de uso comercial deberán dirigirse a www.fao.org/contact-us/licence-request o a copyright@fao.org.

Los productos de información de la FAO están disponibles en el sitio web de la Organización (www.fao.org/publications) y pueden adquirirse mediante solicitud por correo electrónico a publications-sales@fao.org.

CAPÍTULO 1.4

DINÁMICA DE EXPANSIÓN MUNDIAL DEL CULTIVO DE LA QUINUA RESPECTO A SU ALTA BIODIVERSIDAD.

*Autor para correspondencia: Didier BAZILE <didier.bazile@cirad.fr>

Autores:

DIDIER BAZILE^a, FLORA BAUDRON^a

^a UPR GREEN; CIRAD-ES; TA C-47/F; Campus International de Baillarguet; 34398 Montpellier Cedex 5 – FRANCE.

Resumen

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) fue domesticada por primera vez en los países andinos hace más de 5000 años. Desde la conquista española fue rechazada y se consideraba simplemente como una “comida india”. Su potencial fue redescubierto durante la segunda parte del siglo XX y desde entonces, el número de países cultivándola pasó de 6 a 13, mientras que otros 23 países se encuentran en fase de experimentación activa para iniciar próximamente una producción de campo y 20 países más están programando sembrar la quinoa por primera vez en el 2014. El impacto de la organización de investigación ha sido alto, creando vínculos e alianzas estratégicas entre países como en el caso del programa CIP/DANIDA en los años 90’ a nivel mundial o más recién con los ensayos del proyecto europeo SWUP-MED en los alrededores del mar Mediterráneo. A través del establecimiento de redes de investigadores en todo el mundo, se asociaron países por afinidades ya que por ejemplo el Reino Unido hizo contactos privilegiados con la India, Australia, China y Nepal. Hoy en día, los centros de experimentación se están ubicados en nuevos países que no eran importadores de quinoa antes. Aunque la mayor parte de la producción y de la publicación de los resultados científicos se basa en los trabajos de los países andinos (especialmente Bolivia y Perú), la

investigación se está extendiendo en todo el mundo y trabajando en nuevos temas, como la virología, la dietética, el procesamiento de quinoa para varios usos no solo alimenticios. Los países de América del Sur deban ahora enfrentar la competencia mundial respecto al mejoramiento de las variedades de quinoa y pensar en la posible competencia entre países para acceder a los nuevos mercados. Es por eso que unos de ellos ya tienen Certificado de Obtención Vegetal (COV) para proteger sus variedades mejoradas o lo solicitan. Pero eso abre una grande brecha para conservación de los recursos fitogenéticos a través de la cuestión del reconocimiento de las variedades campesinas locales y sus usos en los futuros programas de mejoramiento.

Introducción

El género *Chenopodium* (Chenopodiaceae) incluye cerca de 150 especies que en su mayoría son plantas herbáceas anuales que ocupan grandes áreas en América, Asia y Europa, aunque algunos también son perennes y arborescentes. El género es cosmopolita, significa que se puede adaptar en cualquier ambiente del mundo, pero se concentra principalmente en las regiones templadas y subtropicales. Dado a su gran plasticidad ecológica y rusticidad, el género ha proporcionado un número alto de especies gracias a un proceso largo de adaptación y diversificación para sobrevivir en ambientes con fuertes limitantes

biofísicas. Debido a eso, la mayoría de sus especies son componentes principales de ambientes áridos y/o salinos. Hoy en día, por un lado, los *Chenopodium* cultivados y especialmente *C. quinoa*, están ganando importancia por su excelente calidad de proteínas (buen equilibrio entre todos los ácidos aminos) y alto contenido de una variedad de minerales y vitaminas (Vegas-Gálvez et al, 2010). Su aporte potencial a la seguridad alimentaria mundial está reconocido en la declaración del Año Internacional de la Quinoa (AIQ, 2013) (Small, 2013). Pero por otro lado, la quinoa representa una alternativa como nuevo cultivo frente a los cambios globales (Jacobsen, 2003; National Academy of Sciences, 1975; Schlick y Bubenheim, 1996). Así, el aumento de la tasa de salinización de las tierras agrícolas, debido a una intensificación por la agricultura convencional desde los años 60', conduce en primer lugar a un decrecimiento de la producción agrícola y luego, según el lugar, al abandono de las parcelas degradadas. La tolerancia de la quinoa a suelos salinos ofrece una alternativa no solo para recuperar estas tierras sino que para producir al mismo tiempo alimentos de alto valor nutricional. Considerando la emperoración del clima dentro de los cambios globales, la resistencia de la quinoa a la sequía genera expectativas para regiones del mundo que están muy afectadas por estos factores.

Domesticada por los agricultores de los países andinos, rechazados durante la invasión española o reconocida hoy alrededor del mundo, la historia de la quinoa es rica y compleja. Como todos los cultivos desde su domesticación, la historia de la quinoa y su diversidad es directamente vinculada a las actividades humanas (Bermejo y León. 1994). Los últimos 60 años han sido un paso importante en la expansión del cultivo y de su experimentación, adaptación y mejoramiento para varios ambientes del mundo. En este capítulo, se trata de explicar cómo se extendió el área de cultivo de la quinoa de 6 a 56 países y hoy en día, en 2014, con casi 20 otros países más que quieren probarla.

Para entender bien las dinámicas actuales, se tiene que considerar que el interés por la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) no es reciente y no solo considera la quinoa como única especie del género *Chenopodium*, sino que existen relaciones muy estrechas entre especies de este género. Las especificidades actuales consideran más la aceleración de su propagación a nivel mundial, a partir de los años 70' como grano para consumidores

del hemisferio norte y hoy día con una voluntad amplia para introducirla como nuevo cultivo en todos los continentes. Las dinámicas actuales modifican los recientes equilibrios entre productores y consumidores establecidos entre 1990 y 2010. La difusión mundial de la quinoa genera así nuevas expectativas para muchos países pero modifica en profundidad los equilibrios para mantener una producción sustentable en los países andinos para contestar a la explosión de la demanda internacional (Bazile, 2014; Jacobsen, 2011, 2012; Winkel et al). Por otro lado, se están desarrollando nuevas relaciones entre países no solo respecto al comercio de granos sino que para establecer reglas y normas para el acceso a semillas de quinoa. Las tensiones actuales sobre la circulación de los recursos genéticos y semillas de quinoa, necesitan un dialogo a nivel mundial considerando la necesidad de una nueva gobernanza mundial para adaptarse a la transición ecológica que ya está en camino en muchos países para cambiar el modelo agrícola.

Si en el pasado, la importancia de las redes de investigadores a través colaboraciones informales ha permitido dar a conocer el cultivo de quinoa y experimentarlo en varios lugares y regiones del mundo, lo que aparecería como un ventaja en esta época necesita más transparencia hoy día para adaptarse a los instrumentos legales a nivel internacional participando al reconocimiento de los pueblos andinos en la creación y el mantenimiento de la biodiversidad de la quinoa.

En conclusión del capítulo, mostramos que entre los desafíos para adquirir nuevos conocimientos respecto a la planta de quinoa, su origen y dinámica evolutiva, su adaptación y su mejoramiento, la importancia de compartir entre agricultores, investigadores y políticos de todo el mundo aparece como primordial para avanzar juntos con todos los actores interesados en la valorización de esta planta.

La mundialización de la quinoa: un hecho histórico

La distribución mundial del género *Chenopodium* tiene raíces antiguas que hay que estudiar en profundidad, además de la diversidad de especies de este género, para entender bien el desarrollo actual de la quinoa cultivada. Así se tiene que considerar como un hecho histórico que el uso de hojas y de semillas de *Chenopodium* para la alimentación humana no es exclusivo de la región andina. En los Himalayas, hace mucho tiempo que se cultiva

una especie de *Chenopodiaceae* (clasificada como *Chenopodium album*) en altitudes que van de los 1500 hasta 3000 m.s.n.m (Hooker, 1885; 1952; Partap, 1982). Cuando Stewart (1869) describió la flora completa de la región del Punjab al Norte de India, ya se mencionaba la presencia de tres grupos de *Chenopodium* en la zona de estudio:

- *Chenopodium álbum* L. correspondía a una maleza frecuente en los planicies y aparece también en altura entre 2.600 y 4.100 m.s.n.m. en la región del Ladack donde la planta estaba a veces utilizada en “pot-herb” o sopa.
- *Chenopodium murale* L. estaba presente en las planicies donde también se consumía en “pot-herb”.
- *Chenopodium* sp. integraba un complejo de dos especies (*C. album* and *C. quinua*) que estaban cultivadas en las regiones del Himalaya del Punjab, y más precisamente en las zonas de alturas (1700-2700 m.s.n.m.) de la cuenca del río Ravi como también más en altura en el Kashmir y el Ladack. La planta estaba cultivada para sus hojas consumidas en “pot-herb” pero estos *Chenopodium* estaban principalmente cultivados por sus granos considerados mejores que los del alforfón (*buckwheat*) (Singh y Thomas, 1978).

El documento de Stewart tiene un valor histórico considerable para entender más las relaciones filogénicas debido a contactos en ciertas épocas entre las especies del género *Chenopodium*. También, considerando los usos que orientan la selección de las plantas, se puede notar una misma lógica entre los pueblos de las montañas de los Andes y los del Himalaya. Los estudios etnobotánicos de Partap y Kapoor (1985a) revelan que el grupo de *Chenopodium* utilizado por sus granos en el Himalaya correspondía a un cultivo menor de alimentos de subsistencia para muchas comunidades aisladas en las montañas de la cordillera del Himalaya medio. El consumo de estos granos puede ser asociado con las comunidades que viven en altitud y forma parte del hábito de la comida de la gente consumido en diversas formas desde tiempos inmemoriales. Los autores lo describen como un cultivo de verano inserto en sistemas de cultivos mixtos (mijo, arroz, papas, maíz y frijol) (Partap y Kapoor, 1987b).

El análisis que hicieron Partap y Kapoor (1985b) de los *Chenopodiaceae* del Himalaya consumidos en

granos muestra que estaban considerados como formas domesticadas de *Chenopodium album* L. Como exhibían una gran diversidad morfológica, los autores seleccionaron cuatro variedades reconocidas localmente por los agricultores para desarrollar un análisis agro-morfológico (Partap y Upadhy, 1987b). Tres cultivares de los cuatro (el negro, el marrón y el rojo) presentaron una morfología similar y sólo se diferenciaban en el polimorfismo de semillas. En los resultados había suficiente evidencia para reconocerlos como la especie *C. album* L. domesticada. El tipo de polimorfismo de semillas encontrado en estos cultivares nos da una indicación más de su estrecha relación con la forma no-domesticada de *C. album* L. Pues los autores presentan el cuarto cultivar como muy distinto de los anteriores y mencionan sus dudas sobre sus estrechas relaciones taxonómicas, ya sea con *C. album* L. y *C. quinua* Willd.

Pero, la publicación de Stewart se presenta también con un testimonio de la inserción precoz de la quinua en la globalización respecto a intercambios de semillas a nivel mundial ya existentes en esta época:

“Within the last year, considerable stir has been made by correspondents of the Agri-Horticultural Society of India, regarding the introduction into the Himalaya of the *C. quinua* Willd. of the Andes; and the Society made arrangements to get a supply of seed, which has arrived and been distributed. The original proposition appears to have been made in ignorance the fact that a *C. is* cultivated extensively in the Himalaya, and there seems reason to doubt if very much would be gained from the introduction of the quinoa in these mountains, where cereals are cultivated to quite as high elevations as men can occupy throughout the year”. (Stewart, 1869)

La misma especie *Chenopodium álbum* L. presente en toda la zona geográfica delimitada como Eurasia (Uotila, 1978) es hoy en día considerada como una maleza cosmopolita en Europa (ver capítulo 6.11) para los cereales aunque fue un cultivo secundario y parte de la alimentación humana de acuerdo a los restos humanos prehistóricos encontrados en Tollund (Dinamarca), y Cheshire (Inglaterra) (Helbaek 1950, 1954, 1958, 1960; Rowley-Conwy, 1982, 2000; Stokes y Rowley-Conwy, 2002). Aunque tenemos evidencias que la especie *Chenopodium álbum* L. tenía una importancia como cultivo en Europa, seguramente a través una forma domesticada como

existía también en los Himalayas, los investigadores y mejoradores concentraron sus esfuerzos en Europa para adaptar a los climas templados la quinua, *Chenopodium quinua* Willd, una especie tropical (Galwey, 1989, 1993; Risi y Galwey, 1984, 1989, 1991; Jacobsen, 1997). Se consideró, para los programas de mejoramiento, que este cultivo proveniente de las tierras altas de los Andes tuvo un crecimiento adaptado a las temperaturas relativamente bajas de las regiones de Europa del norte como Inglaterra y Dinamarca. Esta dirección dada al mejoramiento en esta época solo se basaba en el análisis de *C. album* como especie silvestre a partir de la cual sería difícil convertirla en un cultivo. Hoy en día, se podría revisar esta visión para utilizar más los recursos genéticos y las capacidades adaptativas de *C. album*.

También *Chenopodium berlandieri* ssp. *nuttalliae*, especie similar, se consume en México. Considerada solo como una especie silvestre en los Estados Unidos de América, *C. berlandieri* está estudiada por sus posibilidades de cruzamiento con *C. quinoa* para resistir a temperaturas altas. Sin entrar en mayores detalles en todo este género se puede destacar que los *Chenopodium* cultivados están ganando importancia. *Chenopodium quinua*, que ofrece una amplia adaptación para muchos entornos difíciles con resistencia a la sal y tolerancia a la sequía, comparte su nicho alimentario con dos especies estrechamente relacionadas, la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) y el huazontle (*Chenopodium nuttalliae*) que también se utilizan en estos momentos para la alimentación humana (Wilson & Heiser, 1979).

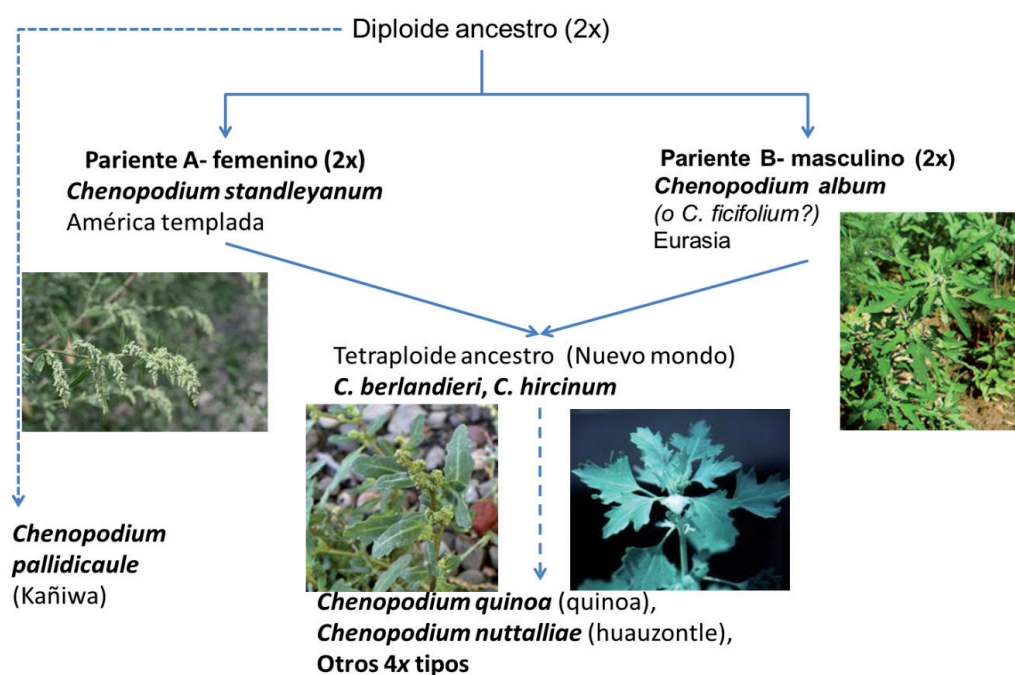


Figura 1. El origen de la quinua actual (adaptado de Jellen y Maughan, 2013)

A partir del estudio de la filogenia de la quinua, aparecen varias especies del género *Chenopodium* entre ellas, algunas se convirtieron en especies económicamente relevantes:

- *Chenopodium quinua* ($2n = 36$) utilizada como un cultivo de grano;
- *Chenopodium pallidicaule* ($2n = 18$) y *Chenopodium berlandieri* subsp. *nuttalliae*

($2n = 36$) que se utilizan tanto para granos y hortalizas;

- *Chenopodium album* ($2n = 18, 36, 54$) que se utiliza principalmente como una verdura de hoja verde y cultivos para forraje;
- también algunos tipos del Himalaya (*C. album* y *C. quinua*) que se cultivan para sus granos y hojas.

Las especies de *Chenopodium* son bien conocidas por su uso culinario (ver capítulo 3.4) pero hay también usos en la medicina (ver capítulo 3.5).

Si nos relacionamos con el complejo proceso de la creación de la quinua a partir de sus diferentes ancestros silvestres (Heiser & Nelson, 1974; Nelson, 1968; Wilson, 1990), para explicar no solo su domesticación sino también las grandes etapas de su historia y considerando los aspectos genéticos de su dinámica evolutiva, podemos destacar cuatro momentos (Pearsall, D.M. 1992). La primera etapa de la vida de la quinua ha ocurrido cuando los dos ancestros diploides hibridan para crear la primera forma de quinua silvestre. Así se cruzaron un pariente femenino, *Chenopodium standleyanum* proveniente de la América templada, y un pariente masculino, *Chenopodium album* de Eurasia (otra hipótesis propone *C. ficifolium*) a través de un proceso de hibridación natural generando su ancestro tetraploide en el Nuevo Mundo (figura 1). *C. berlandieri* y *C. hircinum* corresponden a formas de tetraploides derivadas de este ancestro tetraploide partir de las cuales la domesticación del ancestro de la quinua actual fue posible generando la segunda etapa de su evolución (Jellen y Maughan, 2013).

Un “primer cuello de botella” en la diversidad genética de la quinua puede haber ocurrido cuando los dos ancestros diploides hibridan para crear la quinua silvestre. Un “segundo cuello de botella” podría haber ocurrido cuando la quinua fue domesticada a partir de ancestros silvestres tetraploide (Fuentes, Maughan y Jellen, 2009). Esto podría explicar la capacidad permanente de la quinua para tener unos cruzamientos con otras especies tetraploides (Wilson y Manhart, 1993), y de hecho de tener múltiples formas. La importancia de este segundo cuello de botella es directamente dependiente de la primera e implica la presencia de una cantidad relativamente pequeña de la diversidad genética apta para compartir de forma transversal con sus parientes silvestres compatibles (Fuentes *et al.* 2009).

Los intercambios de semillas y circulación de la quinua a nivel de América latina han generado cinco ecotipos asociados a sub-centros de diversidad (Fuentes *et al.*, 2012). Pero esta tercera etapa de diversificación de la especie después de su proceso

local de domesticación en los alrededores del lago Titicaca, se paró con la conquista española por diversas razones: una depreciación del producto como “*Comida de indios*”, el rechazo de su uso como bebida para ceremonias culturales (*Mudai*) por la Iglesia católica, y el cambio de los patrones alimentarios a través la escolarización y de las políticas de modernización agrícola para imponer la autoridad de la Corona española (Bazile y Negrete, 2009; Bazile y Thomet, 2013; Thomet y Bazile, 2013). El auge de la quinua de los 90’ corresponde a la cuarta etapa de su dinámica evolutiva con su difusión actual a todo el mundo (Bazile, Fuentes y Mujica, 2013).

Importancia de la biodiversidad de la quinua para su difusión mundial.

El proceso ancestral de domesticación de la quinua se ha desarrollado utilizando la diversidad de los recursos genéticos de la especie. Esta se encuentra estrechamente asociada a distintas zonas geográficas con contextos ecológicos específicos, determinando en su conjunto la capacidad de sobrevivencia de la quinua, y creando a lo largo del tiempo múltiples formas dentro la misma especie. Debido a la existencia de adaptaciones particulares de quinua en diferentes zonas a lo largo de Los Andes, se reconocen cinco ecotipos que corresponden a: quinua de los valles interandinos (Colombia, Ecuador y Perú), quinua del altiplano norte (Perú y Bolivia), quinua de las Yungas (Bolivia), quinua de los salares o altiplano sur (Bolivia, Chile y Argentina) y quinua de la costa o de nivel del mar (Chile centro y sur, al menos hasta la isla de Chiloé) (Fuentes *et al.*, 2012; Risi y Galwey, 1984).

Desde los años 80, la quinua ha experimentado un notable “boom” debido al incremento de la demanda regional e internacional. En los países andinos sigue siendo un alimento básico mientras que en América del Norte y en Europa es cada vez más apreciada por sus cualidades dietéticas, su modo de cultivo ecológico o de comercio justo. Para satisfacer la demanda, la producción aumentó más del doble en Bolivia, principal país productor junto al Perú, mientras que en Chile se impulsaron iniciativas para desarrollar y valorizar este cultivo marginal. Pero también por sus características nutricionales y por su resistencia a factores adversos, la quinua atrajo el interés de

investigadores de Europa y Norteamérica, y hubo varios intentos por introducirla a partir de los años 80' en latitudes altas (Lopez-Garcia, 2007; NRC, 1989). ¿Pero qué se puede cultivar en ambientes templados? Los intentos iniciales condujeron siempre a fracasos de los primeros ensayos con materiales de Perú y Bolivia (latitudes cercanas al Ecuador) que no alcanzaban a madurar en el verano de las altas latitudes. Los requisitos para la agricultura templada están presentes precisamente en las accesiones del ecotipo de quinua del nivel del mar de las zonas sur y centro de Chile.

Un reconocimiento mundial a partir de 1973.

Los Estados Unidos se habían interesado en el grano de quinua desde 1948 y presentaron por primera vez una experimentación del cultivo a partir de semillas de Chile realizada en el sur de Colorado a principios de los años setenta (Johnson & Croissant, 1985). Si dos países andinos, Bolivia y Perú, concentran hoy

la mayor parte de la producción mundial de quinua, el cultivo realmente comenzó a extenderse por todos los continentes desde los años 80' (Figuras 1 y 2). En ese momento, los Estados Unidos han experimentado por primera vez a escala mayor la quinua en el sur de Colorado antes de que se extienda progresivamente a otros estados (Cranshaw *et al*, 1990; Kephart, Murray & Auld, 1990; Oelke *et al*, 1990; Tobin, 1995). Hoy en día, con Canadá donde la quinua se cultiva en las planicies de Saskatchewan y Ontario (tradicionalmente ocupadas por praderas o zonas productoras de cereales), se estima que ellos dos producen casi el 10% de la quinua global. En Estados Unidos, los ensayos actuales de quinua se desarrollan en la costa Norte-Oeste del Pacífico con material chileno y ofrecen resultados muy prometedores. Aunque las extensiones parecen importantes en superficie, ellas quedan reducidas en comparación al volumen que se vende en Estados Unidos, que es siempre importado de América del Sur.



Figura 2. Extensión del cultivo de quinua en 1973

La introducción de quinua a Europa (ver capítulo 6.11) se inició en 1978 también con germoplasma de Chile (Universidad de Concepción en Chile) que fue llevado, seleccionado y probado por Colin Leakey en Cambridge (Inglaterra) y en el valle del Loire (Francia). Este germoplasma chileno más el germoplasma andino colectado en 1982 por Galwey y Risi generó la base del programa de mejoramiento de la Universidad de Cambridge bajo el liderazgo de

Nick Galwey (Flemming y Galwey, 1995; Galwey, 1989, 1993) (figura 3). De Cambridge, la quinua se distribuyó a Dinamarca, Holanda y otros países de Europa (Risi y Galwey, 1991). En Inglaterra, la quinua se utiliza como cultivo de cobertura donde se siembra sola o mezclada con colza. En Dinamarca, la quinua es muy reconocida y usada por personas alérgicas al gluten lo que puede constituir un segmento de mercado específico.



Figura 3. Extensión del cultivo de quinua en 1983

Las pruebas mundiales en los 90' y 2000'.

Desde un punto de entrada a Europa por Cambridge (RU), la quinua fue distribuida a Dinamarca, Holanda y a muchos otros países (Gesinski, 2008;

Jacobsen, 1997, 2003). Durante estos años, los experimentos también comenzaron a extenderse en Brasil y en Asia (India y China) (Bhargava *et al*, 2006) (figura 4).

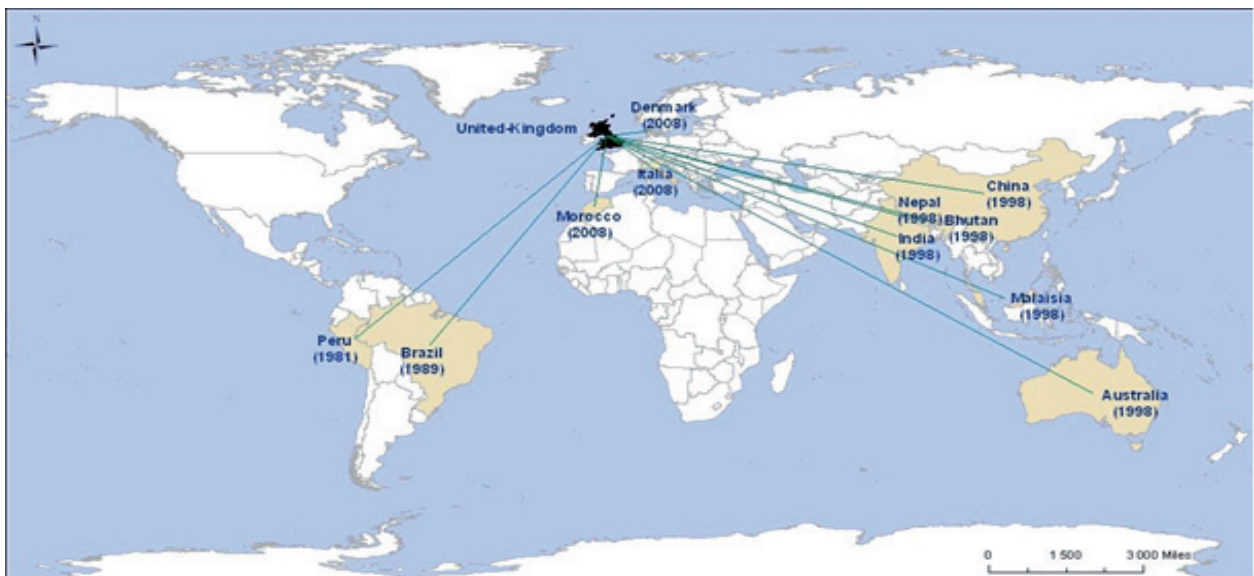


Figura 4. Colaboración con Cambridge, Inglaterra para iniciar las pruebas de quinua (desde 1981)

En 1993, un proyecto de la Unión Europea se inició con pruebas de campo en Inglaterra, Dinamarca, los Países Bajos e Italia, así como las pruebas de laboratorio en Escocia y Francia (figura 5). Pero seguramente, el proyecto más importante en

los años 90' y que explica la expansión en todo el mundo de la quinua, es el que comenzó en 1996 con una coordinación compartida entre la Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (DANIDA) y el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú

(Mujica *et al*, 1998, 2001). A través de esta primera red de cooperación internacional alrededor de la quinua hubo ensayos de campo en nuevos países tales como: Suecia, Polonia, República Checa, Austria, Alemania, Italia y Grecia (Iliadis *et al*, 1997). Todos ellos han mostrado interés en la experimentación quinua y la mayoría de ellos estaban involucrados en la prueba americana y europea de la quinua (figura 6) organizada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y coordinado por la Universidad Nacional del Altiplano (Puno,

Perú) y por el proyecto DANIDA-CIP. El objetivo de este proyecto era conocer el *estado del arte* de la quinua y realizar múltiples experimentaciones a nivel internacional. Esta iniciativa aumentó significativamente los vínculos entre investigadores y también el número de centros de investigación implicados en la quinua de los países en desarrollo y desarrollados.



Figura 5. Extensión del cultivo de quinua en 1993

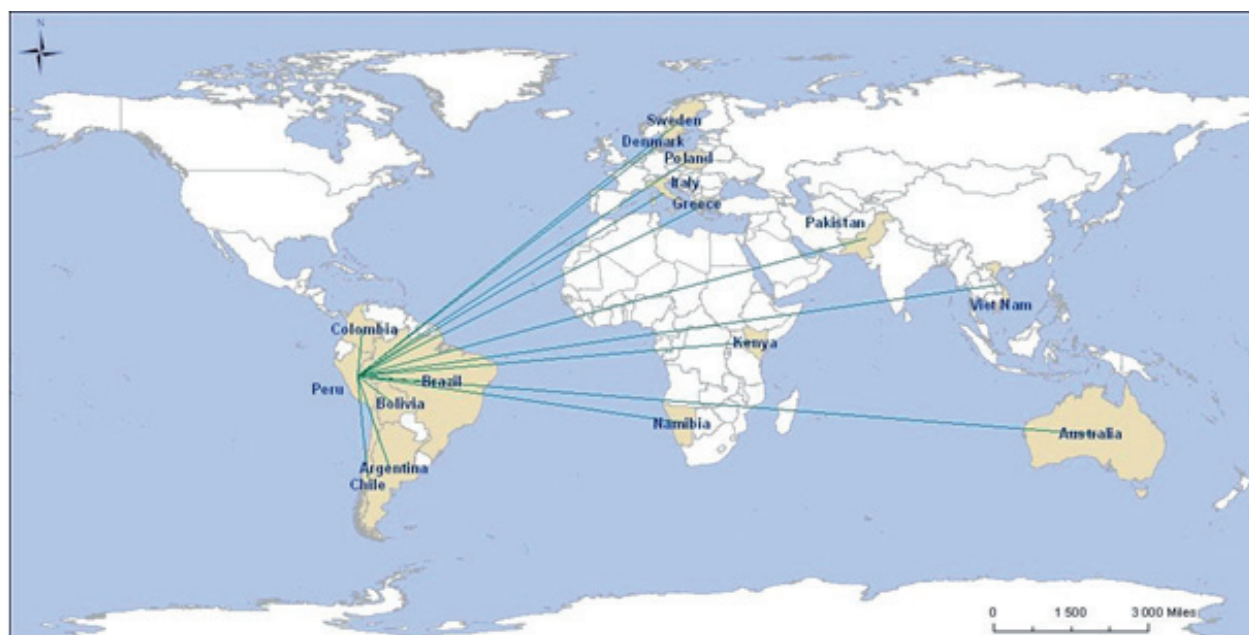


Figura 6. Colaboración con el CIP-DANIDA (FAO-Univ. Puno): Prueba Americana y Europea de quinua (1996-98)

Desde esta época, Dinamarca asociado a Holanda se interesa en el mejoramiento de la quinua para varios ambientes (Jacobsen *et al.*, 1994). Crearon la primera variedad europea, Carmen, y ahora la investigación está dirigida para reducir el nivel de saponina con el ejemplo de la variedad dulce, Atlas. A partir de esta visibilidad en el mejoramiento de la quinua, la Universidad de Copenhague (DK) sigue desarrollando nuevas pruebas de quinua (figura 7). Otras colaboraciones científicas recientes son

las generadas durante el Proyecto SWUP-MED (2008-2012) para un uso sostenible del agua para asegurar la producción de alimentos en la región mediterránea frente al cambio climático. Este proyecto corresponde al último paso importante de la expansión de la quinua y vincula a numerosos socios de países de la Unión Europea (Italia, Portugal, Reino Unido, Países Bajos y Dinamarca) y de los países mediterráneos (Turquía, Marruecos, Egipto, Siria) (Benhabib, 2006; Pulvento *et al*, 2012) (figura 8).



Figura 7. Extensión del cultivo de quinua en 2003



Figura 8. Colaboración con la Universidad de Copenhague (DK) para iniciar las pruebas de quinua asociadas al Proyecto SWUP-MED (UE: 2008-2012)

Perspectivas a partir del Año Internacional de la quinua AIQ 2013

Las primeras etapas de expansión mostraron el interés de los países importadores y consumidores para adaptar el cultivo de quinua a sus ambientes como fue el caso para Estados Unidos, Canadá, Francia, Reino-Unido y Holanda. Otra etapa de la difusión mundial de quinua empezó en los últimos años considerando los cambios climáticos a nivel global y la salinización de las tierras agrícolas. El caso del continente asiático entra en este caso con India (Barghava *et al*, 2006), Pakistán (Munir, 2011) luego China y Australia que siguen en esta misma dinámica, así también como países de los

alrededores del mar mediterráneo y del norte de África.

Ahora, entramos en otra etapa de su expansión porque un cambio fuerte viene del hecho que los nuevos países productores no son los países consumidores y/o importadores tradicionales (figura 9). Así, esta ola de expansión de la quinua se refiere a un conjunto de razones que incluyen la gran adaptabilidad del cultivo a partir de su alta diversidad genética, su resistencia a la sequía o tolerancia a la sal, su alto valor nutricional para la seguridad alimentaria de la población local y la posibilidad de generar nuevos ingresos a los agricultores.



Figura 9. Extensión del cultivo de quinua en 2013

Esta dinámica de expansión del cultivo de la quinua aún no ha terminado. Como una prueba de esto más de 20 países están esperando o buscando semillas para experimentar este año.

Considerando las varias etapas de difusión de la quinua a nivel mundial como se describe anteriormente, se generó durante este tiempo una multiplicación de las experimentaciones como también de los centros de investigación involucrados con este cultivo. La cooperación internacional ha iniciado muchos proyectos diferentes y se han desarrollado varias estaciones de investigación en todo el mundo que casi no se

conocen porque han vivido solo durante la duración de los proyectos.

Cinco temas aparecen con los más importantes para los investigadores cuando analizamos las publicaciones científicas de los 30 últimos años (Bazile, 2013a):

- Nutrición y dietética (gluten o saponinas)
- Agronomía
- Botánico y fisiología vegetal

- Biotecnología alimentaria
- Bioquímica

Sin embargo, se nota un muy pequeño número de publicación que trata de políticas, considerando que los retos para la conservación de la biodiversidad se están confiando cada vez más en las leyes internacionales que regulan el acceso, uso e intercambio de recursos genéticos y/o semillas.

La propagación de la quinua en todo el mundo está hecha de relaciones fuertes entre las instituciones que comparten su material genético de forma formal legal (con Acuerdo de Transferencia de Material, ATM) o de forma informal (compartiendo semillas en las redes de investigación). La colección de quinua más importante se encuentra todavía en manos de los países andinos (ver capítulo 1.5). Sin embargo, muchos países han establecido sus propias colecciones: los triángulos rojos en el mapa de la figura 10 muestran 19 países fuera de los países andinos.

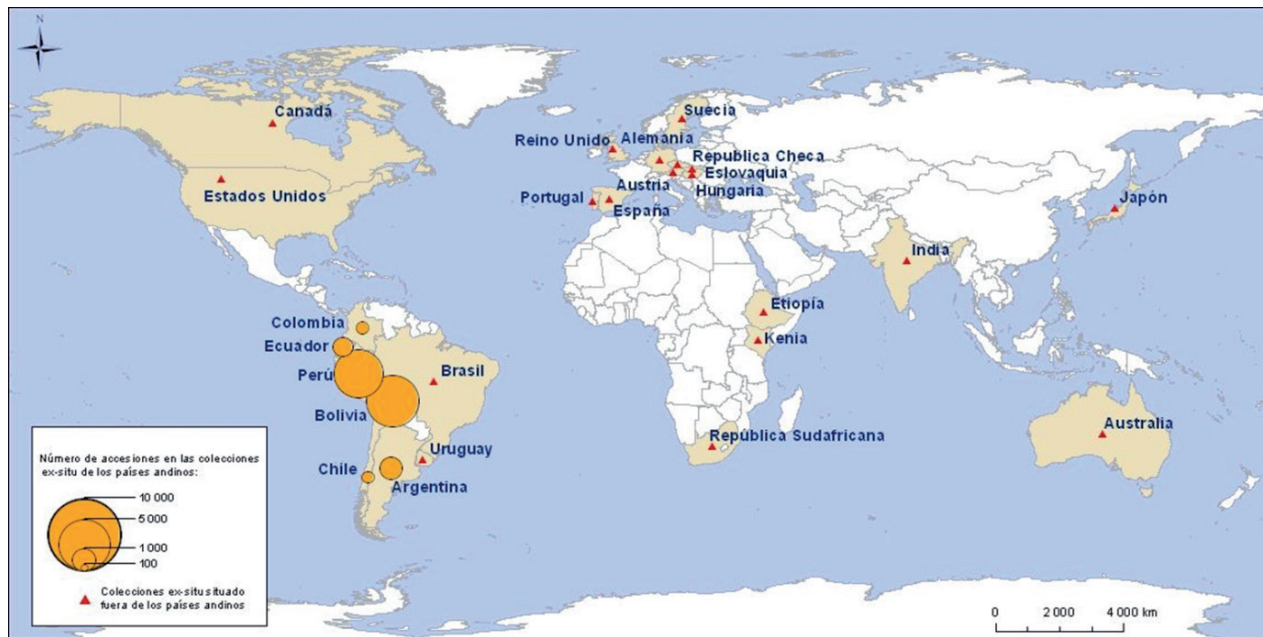


Figura 10. Distribución de los Recursos Genéticos (ex situ) de quinua a nivel mundial en 2013

Un número consecuente de los países también ha desarrollado nuevas variedades certificadas y ha establecido un Certificado de Obtención Vegetal en ellas (COV en el sistema UPOV que sea bajo el acto de 1978 o de 1991). La mayoría de las colecciones se constituyeron antes de la firma del Convenio sobre la Diversidad Biológica en Río de Janeiro (1992); tratado que especifica que los estados son soberanos sobre sus recursos genéticos. Esto ahora

significa que estos países pueden así desarrollar nuevas variedades con este germoplasma sin tener que referirse al país de origen de las accesiones (ver capítulo 1.6). Hay unos países ya considerados como mejoradores de quinua que han pedido COV (Israel, Dinamarca, Reino Unido, Países Bajos, Canadá, Perú y Chile), sino también un nuevo COV está en evaluación con solicitud de Israel (figura 11).



Figura 11. Numero de variedades de quinua protegidas por COV según el país del mejorador en 2013

El Protocolo de Nagoya (adoptado en Japón en 2010) es un acuerdo internacional que tiene como objetivo compartir los beneficios y resultados de la utilización de los recursos genéticos a través un modo justo y equitativo, permitiendo contribuir a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes. ¿Hay que preguntarse como en el caso de la quinua es relevante para los Países Andinos?

La agricultura siempre se ha basado en el acceso y el intercambio de semillas y nunca en los principios exclusivos observados hoy con la extensión de los derechos de propiedad sobre el mundo respecto a lo vivo. Es imposible clasificar la agrobiodiversidad dentro de una grilla (privado / público / individual / colectiva) por la cantidad de interacciones que existen alrededor de la circulación de las semillas. Así, el mantenimiento de la biodiversidad agrícola requiere una gestión activa y continua donde la conservación *in situ*, en las parcelas de los campesinos, favorece una co-evolución de las variedades campesinas de quinua con los factores de su ambiente, generando una dinámica continua de la biodiversidad de esta especie adaptándola a los cambios que ocurren.

Conclusión

La amplia diversidad genética de la quinua ha

permitido adaptar su cultivo a distintos tipos de suelos, particularmente suelos salinos y ambientes con condiciones muy variables de humedad, de altitud y de temperatura. Esta rusticidad y adaptabilidad constituye una ventaja mayor en un contexto de cambio climático y de salinización de las tierras agrícolas a nivel mundial (Ruiz *et al*, 2013). La difusión de quinua en el mundo se hace a partir de relaciones fuertes entre instituciones que comparten su material genético. Pero para reconocer el papel que puede desempeñar la biodiversidad de la quinua a esta escala, implica reconocer que está basada en variedades poblacionales o campesinas, mantenidas por prácticas agroecológicas desarrolladas principalmente a través del manejo de una agricultura familiar (Altieri, 1992). La promoción de la quinua a través de variedades mejoradas, estandarizadas para estar en adecuación con las normas de semillas vigentes o para “simplificar” las prácticas agrícolas vinculándose a una agricultura convencional intensificada, no generará la misma resiliencia frente a los cambios globales que tenemos que enfrentar hoy día y que justifican el mantenimiento de una quinua biodiversa, que la agricultura ecológica reconoce y valora (Bazile, 2014). La dinámica de expansión a nivel mundial del cultivo de la quinua puede generar amenazas

para los agricultores si la difusión se genera con una base genética estrecha.

Ahora bien, más allá de las posibilidades que brinda la cadena de la quinua para el desarrollo de territorios en todo el mundo, se abre una interrogante con la ampliación del cultivo fuera de los países andinos que promueve el Año Internacional de la Quinua (Bazile, 2013b). Este cultivo menor puede convertirse en un cultivo ampliamente difundido, pero ¿cómo garantizar una remuneración justa y equitativa, según los términos del Protocolo de Nagoya, para los agricultores de los países andinos por la selección realizada durante generaciones? ¿Y que no influya en una disminución de la agrobiodiversidad de estos nuevos países productores?

Estamos al final del año 2013 (Año Internacional de la Quinua), desde la Cumbre de Río en 1992 varios tratados internacionales se firmaron en la gestión de los recursos fitogenéticos (CDB, Nagoya, UPOV, TIRFAA, CAN, TLC, etc ...). Hay muchas preguntas y también desafíos para el futuro de la quinua que necesitan ser debatidos en profundidad asociando a todos los actores y los países en el debate para que beneficie al cultivo de la quinua y a los agricultores que viven con ella.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento a los proyectos que han permitido financiar las actividades de investigación presentadas: IMAS (ANR07 BDIV 016-01) y IRSES (PIRSES-GA-2008-230862).

Referencias

Altieri, M.A., (1992). Sustainable agricultural development in Latin America: exploring the possibilities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 39(1-2):1-21.

Bazile D., (2013a). The high genetic diversity of *Chenopodium quinua* Willd and its global expansion. *En*: USDA ; Washington State University. International quinua Research Symposium 2013, Washington, USA, August 12-14, 2013.

Bazile D. (2013b). Développement territorial : le quinua, un catalyseur d'innovations. Montpellier : CIRAD, 4 p. (Perspective : Cirad, 20). http://www.cirad.fr/content/download/7608/80510/version/2/file/Perspective20_Bazile_ES.pdf

Bazile D., (2014). quinua, a model crop to examine the dynamics of biodiversity within agricultural systems. Letter to the editor Contesting Blossoming Treasures of Biodiversity article 42: 'quinua – is the United Nation's featured crop of 2013 bad for biodiversity?' by Small, 2013– *Biodiversity*, Issue 15.1: 3-4, <http://dx.doi.org/10.1080/14888386.2014.884469>

Bazile D., Fuentes F., Mujica A. (2013). Historical perspectives and domestication. *In* : Atul Bhargava, Shilpi Srivastava. quinua: Botany, production and uses. Wallingford : CABI, p.16-35.

Bazile D. (ed.), Negrete Sepulveda J. (ed.). (2009). quinua y biodiversidad: Cuáles son los desafíos regionales?. *Revista geografica de Valparaíso* (42) (spéc.): 1-141.

Bazile D., Thomet M. (2013). The "curadoras" in the conservation of the Mapuche quinua in southern Chile. *In* : A. Christinck, M. Padmanabhan (eds). Cultivate Diversity! A handbook on transdisciplinary approaches to agrobiodiversity research . Germany : Margraf Publishers, p. 104.

Benlhabib O. (2006). Les cultures alternatives : quinua, Amarante et Epeautre. *Bulletin de transfert de technologies en Agriculture*, n°133, Sept. 2006.

Bermejo, J.E.H. and León, J. (1994). Neglected crops-1492 from a different perspective. *FAO Plant Production and Protection Series No. 26*, FAO, Rome, Italy.

Bhargava Atul, Shukla Sudhir & Ohri Deepak (2006). *Chenopodium quinua* -An Indian perspective. *Industrial Crops and Products* 23: 73–87.

Cranshaw W.S., Boris C.K., Tianrong Q., (1990). Insects Associated with quinua, *Chenopodium quinua*, in Colorado. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 63(1): 195-199.

Fleming, J. E., Galwey, N. W. (1995). quinua (*Chenopodium quinua*). *In*: Williams, J. T., ed. Cereals and Pseudocereals. London: Chapman & Hall, pp. 3–83.

Fuentes F., Bazile D., Bhargava A., Martinez E.A. (2012). Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinua, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science*, 150 (6) : 702-716.

- Fuentes, F. F., Maughan, P.J. & Jellen, E. N. (2009a). Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista Geográfica de Valparaíso* 42, 20–33.
- Fuentes, F.F., et al., (2009). Assessment of genetic diversity patterns in Chilean quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) germplasm using multiplex fluorescent microsatellite markers. *Conservation Genetics*, 10(2): p. 369-377.
- Galwey, N.W. (1989). Exploited plants. quinua. *Biologist* 36: 267-274.
- Galwey, N.W. (1993). The potential of quinua as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial crops and products* 1: 101-106.
- Gesinski K., (2008). Evaluation of the development and yielding potential of *Chenopodium quinoa* Willd. under the climatic conditions of Europe. *Acta Agrobotanica* 61 (1) : 185-189.
- Heiser, C.B. and Nelson, D.C., (1974). On the origin of cultivated chenopods (*Chenopodium*). *Genetics*, 78: 503–505.
- Helbaek, H. (1950). Tollundmandens sidste Måltid. *Årbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie*: 311-41.
- Helbaek, H. (1954). Prehistoric food plants and weeds in Denmark. A survey of archaeobotanical research 1923-1954. *Danmarks Geologisk Undersøgelse* 2, 80, 250-261
- Helbaek, H. (1958). Grauballemandens sidste maaltid (The last meal of Grauballe Man). *Kuml* 83-116.
- Helbaek, H., (1960). Comment on *Chenopodium album* as a food plant in prehistory. *Ber. Geobot. Inst. Eidg. Tech. Hochsch. Stift. Ruebel Zuerich*, 31: 16--19.
- Hooker J.D., (1885). The Flora of British India. Vol. V. Reeve Kent Publisher, UK.
- Hooker J.D., (1952). Chenopods. *Himalayan Journal* 1: 386.
- Iliadis, C., Karyotis, T., Mitsibonas, T. (1997). Research on quinua (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus caudatus*) in Greece. Proceedings of COST-Workshop., 24–25/10 1997 Wageningen, The Netherlands: CPRO-DLO, pp. 85–91.
- Jacobsen, S.-E., (1997). Adaptation of quinua (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: studies on developmental pattern. *Euphytica* 96:41–48.
- Jacobsen Sven-Erik, (2003). The Worldwide Potential for quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), *Food Reviews International*, 19 (1-2): 167-177.
- Jacobsen SE, (2011). The situation for quinua and its production in southern Bolivia: from economic success to environmental disaster. *J Agro Crop Sci* 197:390–399.
- Jacobsen SE, (2012). What is wrong with the sustainability of quinua production in southern Bolivia—a reply to Winkel et al. (2012). *J Agron Crop Sci* 198:320–323.
- Jacobsen, S.-E., I. Jørgensen & O, Stølen. (1994). Cultivation of quinua (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *J. Agric. Sci* 122, 47-52.
- Jellen, E.N., et al., (2013). Prospects for quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Improvement Through Biotechnology, In *Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops*, Shri Mohan Jain and S. Dutta Gupta, Editors. Springer. p. 173-201.
- Jellen R. and Maughan J., (2013). quinua phylogenetic insights based on nuclear and Chloroplast DNA sequences. Pullman, Washington, USA, 12-14 August, 2013, International quinua Research Symposium.
- Johnson DL & RL Croissant, (1985). quinua Production in Colorado. Service-In-Action No. 112. Fort Collins, Colorado: Colorado State University Cooperative Extension.
- Kephart KD, GA Murray & DL Auld, (1990). Alternate Crops for Dryland Production Systems in Northern Idaho. In Janick J & JE Simon (eds). *Advances in new crops*, 62-67. Timber Press, Portland, Oregon.
- Lopez-Garcia R. (2007). quinua: A traditional Andean crop with new horizons. *Cereal Foods World*, 52, 88-90.
- Mujica, A., Jacobsen S.-E., Izquierdo J. & J. Marathe. (1998). Libro de Campo de la Prueba Americana y Europea de quinua. FAO, UNA-Puno. Editor CIP, Lima, Peru, 41 pp.
- Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J. & Marathe,

- J.P. (2001). Resultados de la Prueba Americana y Europea de la quinua. Puno, Perú: FAO, UNA, CIP.
- Munir H. (2011). Introduction and assessment of quinua (*Chenopodium quinua* Willd.) as a potential climate proof grain crop. Ph.D Thesis. University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- National Academy of Sciences, (1975). Underexploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences, Washington, D.C., U.S.A., 189 pp.
- National Research Council (NRC), (1989). Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. *Natl. Acad. Press, Washington D.C., USA.* pp 148-161.
- Nelson DC, (1968). Taxonomy and origins of *Chenopodium quinua* and *Chenopodium nuttalliae*. Ph.D. Dissertation. Indiana University.
- Oelke A, DH Putnam, TM Teynor & ES Oplinger, (1990). quinua. In: Alternative field crops manual. University of Wisconsin University of Minnesota - Cooperative Extension
- Partap, T., (1982). Cultivated grain chenopods of Himachal Pradesh: Distribution, variations and ethnobotany. Ph.D. Thesis, Department of Biosciences, Himachal Pradesh University, Simla, India, 243 pp.
- Partap, T. y P. Kapoor, (1985a). The Himalayan grain chenopods. I. Distribution and Ethobotany. *Agric. Ecosyst. Environ.* 14: 185-199.
- Partap, T. y P. Kapoor, (1985b). The Himalayan grain chenopods. II. Comparative morphology. *Agric. Ecosyst. Environ.* 14: 185-199.
- Partap T. and P. Kapoor, (1987b). The Himalayan grain chenopods. III. An under-exploited food plant with promising potential. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 19(1):71-79.
- Partap T. y M.D. Upadhyaya, (1987b). The Himalayan grain chenopods: Floral variations and their role in seed formation *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 18(3): 205-210.
- Pearsall, D.M. (1992). The origins of plant cultivation in South America. In: Cowan CW, Watson PJ (eds) The origins of agriculture. Smithsonian Institution Press, Washington, USA, pp 173-205.
- Pulvento, C., M. Riccardi, A. Lavini, G. Iafelice, E. Marconi, & R. d'Andria, (2012). Yield and quality characteristics of *Chenopodium quinua* Willd. grown in open field under different saline and not saline irrigation. *Journal of Agronomy and Crop Science*.198 (4): 254-263.
- Risi, J., Galwey, N. W., (1984). The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. *Adv. Appl. Biol.* 10:145-216.
- Risi, J., Galwey, N. W. (1989). The pattern of genetic diversity in the Andean grain crop quinua (*Chenopodium quinua* Willd.). I. Associations between characteristics. *Euphytica* 41:147-162.
- Risi J. & Galway N. W. (1991). Genotype X Environment Interaction in the Andean grain crop quinua (*C. quinua*) in temperate environments. *Plant Breeding*, 107: 141-147.
- Rowley-Conwy. P. (1982). Bronzealder kom fra Voldtofte (Bronze Age cereals from Voldtofte). *Kuml* 1 139-152.
- Rowley-Conwy, P. (2000). Through a taphonomic glass, darkly: the importance of cereal cultivation in prehistoric Britain, pp. 43-53 in Stallibrass, S. and Huntley, J.P. (eds.), *Taphonomy and Interpretation*. Oxford: Oxford Books.
- Ruiz K.B. et al, (2013) (*on line-first*). quinua biodiversity and sustainability for food security under climate change: A review. *Agron. Sustain. Dev.* DOI 10.1007/s13593-013-0195-0
- Schlick. G., and D. L. Bubenheim. (1996). quinua: Candidate crop for NASA's Controlled Ecological Life Support Systems. *En: Janick, J., Eds. Progress in New Crops*, ASHS Press: Arlington, USA, pp. 632-640.
- Simmonds, N.W. (1965). The grain chenopods of the tropical American highlands. *Economic Botany* 19, 223-235
- Singh, H. y T.A. Thomas, (1978). Grain amaranth, buckwheat and chenopods. ICAR Series, New Dehli, India.
- Small, E. (2013). quinua – is the United Nations' featured crop of 2013 bad for biodiversity? *Biodiversity* 14: 169-179.
- Stokes P, and Rowley-Conwy P. (2002). Iron Age Cultigen? Experimental Return Rates for Fat Hen (*Chenopodium album* L.) *Environmental Archaeology* 7(95-99).

Stewart, J.L., (1869). Punjab Plants, comprising Botanical and Vernacular names, and Uses of most of the Trees, Shrubs, and Herbs of economical value, growing within the province intended as a Hand-Book for officers and residents in the Punjab. Lahore: printed at the Government Press, Public Works Department, 404 p.

Thomet M., Bazile D. (2013). The role of “curadoras” in the conservation of quinoa varieties in the Mapuche communities in southern Chile. In : Coudel Emilie (ed.), Devautour Hubert (ed.), Soulard Christophe (ed.), Faure Guy (ed.), Hubert Bernard (ed.). Renewing innovation systems in agriculture and food : How to go towards more sustainability?. Wageningen : Wageningen Academic Publishers, p. 174-175.

Tobin DP, (1995). An historical geography of quinoa cultivation in the San Luis Valley: 1982-1992. Thesis. California, Pennsylvania: California University of Pennsylvania.

Uotila, P., (1978). Variations, distribution and taxonomy of *Chenopodium sueticum* and *C. album* in north Europe. Acta Bot. Fenn. n°108; Helsinki, Finland.

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L. & Martínez, E. A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 2541–2547.

Wilson, H. D. (1990). quinoa and relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Cellulata*). *Economic Botany* 44, 92–110.

Wilson, H.D. and Heiser, C.B., Jr., (1979). The origin and evolutionary relationship of huauzontle (*Chenopodium nuttalliae*) domesticated chenopod of Mexico. *Am. J. Bot.*, 66: 198–206.

Wilson, H. and J. Manhart, (1993). Crop weed gene-flow – *Chenopodium quinoa* Willd. and *C. berlandieri* Moq. *Theoretical and Applied Genetics*, 1993. 86(5): p. 642-648.

Winkel T. et al., (2012). The sustainability of quinoa production in Southern Bolivia: from misrepresentations to questionable solutions. Comments on Jacobsen (2011, *J. Agron.Crop.Sci.* 197:390-399). *J. Agron.Crop.Sci.* 198(4): 314-319.